

10501269

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑪ **DE 3619513 A1**

⑥① Int. Cl. 4:
B23 K 26/12

②① Aktenzeichen: P 36 19 513.8
②② Anmeldetag: 10. 6. 86
④③ Offenlegungstag: 17. 12. 87

Behördenintern

DE 3619513 A1

⑦① Anmelder:
AGA AB, Lidingö, SE

⑦④ Vertreter:
Keil, R., Dipl.-Phys. Dr.phil.nat.; Schaafhausen, L.,
Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

⑦② Erfinder:
Nielsen, Steen-Erik, Skavinge, DK

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥④ Verfahren zum Laserschneiden metallischer Werkstücke

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Laserschneiden metallischer Werkstücke, mit welchem Grat- und Schlackebildung in dem Brennschnittspalt vermieden und gute Schweißbarkeit erreicht werden sollen; gleichzeitig sollen hohe Schneidgeschwindigkeiten möglich sein. Erfindungsgemäß wird ein Schneidgas verwendet, welches wenigstens ein aktives Gas, wie bspw. Sauerstoff, enthält. Das Schneidgas wird gemischt mit wenigstens einem im wesentlichen inerten Gas, bspw. He, N₂, Ar, CO₂ und/oder Mischungen aus diesen Gasen, welche nur eine geringe Neigung zur Reaktion mit dem Werkstückmaterial haben. Die Sauerstoffkonzentration soll in der Größenordnung zwischen 30 und 90 Vol.-% des gesamten Schneidgasgehaltes liegen.

DE 3619513 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laserschneiden metallischer Werkstücke, bei welchem zur Vermeidung der Grat- und Schlackebildung in dem Brennschnittspalt und der Gewährleistung guter Schweißbarkeit sowie gelegentlich zur Ermöglichung hoher Schnittgeschwindigkeiten ein Schneidgas verwendet wird, welches wenigstens ein aktives Gas, wie bspw. Sauerstoff, enthält, dadurch gekennzeichnet, daß dem Schneidgas wenigstens ein im wesentlichen inertes Gas, bspw. He, N₂, Ar, CO₂ oder eine Mischung solcher Gase, zugemischt wird, welches bzw. welche nur geringe Neigung zur Reaktion mit dem Material des Werkstückes haben, und daß die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 30 und 90% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 für das Laserschneiden von Werkstücken aus hochlegiertem oder rostfreiem Material, wie Stahl, dadurch gekennzeichnet, daß das aktive Gas Sauerstoff gemischt mit wenigstens einem der Inertgase He, N₂, Ar und/oder CO₂ ist, und daß die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 40 und 80% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß He als Inertgas verwendet wird und daß die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 45 und 75% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Ar als Inertgas verwendet wird und die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 40 und 70% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß CO₂ als Inertgas verwendet wird, und daß die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 40 und 70% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß N₂ als Inertgas verwendet wird, und daß die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 40 und 70% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Laserschneiden von metallischen Werkstücken, bei welchem zur Vermeidung von Grat- und Schlackebildung in dem Brennschnittspalt und zur Gewährleistung guter Schneidbarkeit sowie gelegentlich zur Ermöglichung hoher Schneidgeschwindigkeiten ein Schneidgas verwendet wird, welches wenigstens ein aktives Gas, wie bspw. Sauerstoff, enthält.

Beim Laserschneiden von metallischen Werkstücken wird üblicherweise ein Laserstrahl auf das metallische Werkstück, welches geschnitten werden soll, fokussiert. Gleichzeitig wird ein Schneidgas, bspw. Sauerstoff, auf das Werkstück mittels einer Düse geblasen. Das Prinzip einer Laserschneidanlage ergibt sich im übrigen aus der Zeichnung (Fig. 1). Ein Laserstrahl eines Lasergerätes, z. B. eines CO₂-Lasers, wird mittels einer Linse durch eine Düsenanordnung hindurch auf das Werkstück fokussiert, bspw. ein Metallblech. Das Schneidgas, bspw. Sauerstoff, wird durch eine Einlaßleitung in eine Beruhi-

gungskammer geführt und koaxial zu dem Laserstrahl durch das Düsenmundstück hinaus auf das Werkstück gerichtet. Die Düsenanordnung ist in einem Trägerglied gehalten, in welchem Lagerkugeln drehbar aufgenommen sind, gegen welche das Werkstück, z. B. das Metallblech, anliegt. Ein Trägerglied stützt sich an der Unterseite des Werkstückes, z. B. des Metallbleches, ab und ist mit einem Loch unterhalb der Düsenanordnung versehen. Das Werkstück, z. B. das Metallblech, bewegt sich während des Schneidvorganges in einer vorgegebenen Richtung und kann während der Bewegung bspw. auf einem beweglichen Koordinatenschneidisch gehalten sein.

Der Zweck des Schneidgases Sauerstoff ist ein zweifacher:

a) der Schutz der Linse in der Schneidanlage gegen Spritzer und Schlacke, die während des Schneidprozesses gebildet werden und

b) das Ausspülen des geschmolzenen Materials und der Schlacke aus dem Brennschnittspalt, der sich infolge des Schneidvorganges ergibt.

Bei diesem geschmolzenen Material wird die Schlacke durch das Loch in dem Stützglied hindurchgespült. Wenn das Blech aus Kohlenstoffstahl oder rostfreiem Stahl besteht, erfüllt der Sauerstoff einen weiteren Zweck, nämlich der chemischen Reaktion mit dem Stahl zur Erzeugung von Hitze, welches den Schneidprozeß erleichtert. Somit hat, abgesehen vom Schmelzen des Bleches durch die Wirkung des Laserstrahls, das Laserschneiden die Folge einer Stahlverbrennung, wie sie auch bei dem üblichen Gasschneiden stattfindet.

Bisher wurde beim Laserschneiden ein Schneidgas gefordert, welches möglichst 100% Sauerstoff enthält, da ein derartiges Gas die besten Ergebnisse hinsichtlich der Schneidgeschwindigkeit und der Qualität des Brennschnittspaltes ergab. Die hier in Erwägung gezogenen Eigenschaften hängen von mehreren Parametern ab. In diesem Zusammenhang seien u. a. erwähnt die Schneidgeschwindigkeit, der Schneidgasdruck (d. h. der Gasdruck in der Düse), der Düsendurchmesser (d. h. der Lochdurchmesser in dem Düsenmundstück), der Düsenabstand (d. h. der Abstand zwischen Düsenmundstück und Werkstück) und schließlich die Laserausgangsleistung. Man kann im allgemeinen sagen, daß erhöhter Schneidgasdruck höhere Schneidgeschwindigkeit ergibt. Der Schneidgasdruck muß jedoch unter Berücksichtigung der Fokussierungslinsen begrenzt bleiben. Das Laserschneiden mit reinem Sauerstoff als Schneidgas hat jedoch auch Nachteile, insbesondere beim Schneiden von rostfreiem Stahl. In dem Werkstück werden während des Schmelzens des Materials Oxide gebildet. Diese Oxide werden zusammen mit dem geschmolzenen Material aus dem Brennschnittspalt geblasen. Ein Teil der Oxide und des geschmolzenen Materials wird jedoch auf der Unterseite des Brennschnittspaltes als Grat abgelagert. Diese Grate können insbesondere bei hochlegiertem Stahl nur schwer entfernt werden. Beim Schneiden mit reinem Sauerstoff als Schneidgas wird die geschmolzene Zone mit Schlacke vermischt, d. h. mit einer Mischung aus Oxiden des Werkstückes. Die Schlackeblättchen in dem Brennschnittspalt können Probleme bei dem nachfolgenden Schweißen bewirken. Ein Metallblech, welches mit reinem Sauerstoff als Schneidgas geschnitten wird, ergibt somit eine Schweißverbindung, die Schlacketaschen enthält, die nur schwierig zu entfernen sind. Eine Möglichkeit der Vermeidung

dieser Schwierigkeiten, die mit der Bildung von Oxiden und nachfolgend eines Grates und der Schlackebildung verbunden sind, könnten durch Ersatz des Schneidgas-Sauerstoffs durch Inertgas vermieden werden. Dies führt jedoch zu einer Abnahme der Schneidgeschwindigkeit auf eine sehr niedrige Rate. Daher ist ein solcher Prozeß mit erheblichen Nachteilen behaftet.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Verwirklichung eines Verfahrens, mittels welchem die zuvor geschilderten Nachteile vermieden werden können. Das erfindungsgemäße Verfahren besteht zur Lösung dieser Aufgabe im wesentlichen darin, daß das Schneidgas, welches wenigstens ein aktives Gas, wie Sauerstoff, enthält, mit wenigstens einem im wesentlichen inerten Gas, wie bspw. He, N₂, Ar, CO₂ oder Mischungen dieser Gase, vermischt wird, welches nur geringe Neigung zur Reaktion mit dem Material des Werkstückes hat, sowie dadurch, daß die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 30 und 90% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.

Die Unteransprüche sind auf vorteilhafte Weiterbildungen dieses Verfahrens gerichtet.

Weitere Ziele, Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger sinnvoller Kombination den Gegenstand der vorliegenden Erfindung unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung. Es zeigt

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Laserschneidanlage und

Fig. 2 und 3 schematisch die Schneidgeschwindigkeit als Funktion der Sauerstoffkonzentration im Schneidgas bei einer typischen Schneidgasmischung.

Die Anlage nach Fig. 1 ist oben bereits kurz beschrieben worden. Ein Laserstrahl 1 wird über eine Fokussierungslinse 2 durch eine Düsenvorrichtung 3 und insbesondere deren Düsenmundstück 11 auf das Werkstück 6 gelenkt. Dabei wird das Werkstück 6 auf einem Trägerglied 9 abgestützt. Das Trägerglied 9 hat ein Loch 10 unmittelbar unterhalb des Düsenmundstückes 11, so daß das geschmolzene Material und die Schlacke 12 durch das Loch 10 abfließen können. In eine Beruhigungskammer 4 der Düsenvorrichtung 3 wird seitlich über eine Einlaßleitung 5 Schneidgas zugeführt und dann koaxial mit dem Laserstrahl 1 durch das Düsenmundstück 11 auf das Werkstück 6 gerichtet. Die Düsenanordnung 3 ist in einem Trägerglied 7 gehalten, in welchem Lagerkugeln 8 drehbar aufgenommen sind, über welche sich das Stützglied 7 auf dem Werkstück 6 abstützt. Im Falle der Erfindung wird der Einlaßleitung 5 bspw. Sauerstoff gemischt mit einem Inertgas zugeführt. Bei Experimenten wurden He, N₂, Ar und CO₂ als zusätzliche Inertgase eingesetzt. Für bestmögliche Ergebnisse bezüglich Schneidgeschwindigkeit und Brennschnittspalt ist es wichtig, daß geeignete Werte ausgewählt werden, und zwar für den Sitz der Linse 2, den Durchmesser des Düsenmundstückes 11 und den Abstand zwischen Düsenmundstück 11 und Werkstück 6. Außerdem muß ein geeigneter Schneidgasdruck in der Düsenvorrichtung 3 eingestellt werden und eine geeignete Mischung aus aktiven und inerten Gasen des Schneidgases. Bei einem CO₂-Laser sollte eine Ausgangsleistung von mehr als 400 W eingesetzt werden. Der Düsendurchmesser kann in der Größenordnung zwischen 0,8 und 1,2 mm liegen und der Düsenabstand

in der Größenordnung zwischen 0,25 und 0,6 mm. Der Schneidgasdruck in der Düsenvorrichtung 3 sollte vorzugsweise im Bereich zwischen 2 und 5 bar liegen. Mit speziellen Düsenvorrichtungen kann auch ein höherer Schneidgasdruck eingesetzt werden, also bspw. auch oberhalb von 7 bar.

Die Schneidgasmischung, d. h. beispielsweise die Mischung aus Sauerstoff und einem Inertgas soll erfindungsgemäß, wie oben erwähnt, derart sein, daß die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 30 und 90% des Gesamtschneidgasgehaltes liegt. Wenn eines der Inertgase He, N₂, Ar und/oder CO₂ verwendet wird, sollte die Sauerstoffkonzentration beim Schneiden von hochlegiertem und rostfreiem Stahl im Bereich zwischen 40 und 80% des gesamten Schneidgasgehaltes liegen. Wenn He als Inertgas ausgewählt ist, sollte die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 45 und 75% des gesamten Schneidgasgehaltes liegen. Wenn eine der anderen genannten Inertgase N₂, Ar und/oder CO₂ ausgewählt sind, sollte die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 40 und 70% des gesamten Schneidgasgehaltes liegen.

Schneidexperimente wurden bei Werkstücken in Form von Blechen unterschiedlicher Dicke aus nichtlegiertem und hochlegiertem Material, bspw. rostfreiem Stahl ausgeführt. Die Experimente erfolgten unter verschiedenen Düsenabständen, wobei die besten Schneidergebnisse bei möglichst geringen Düsenabständen erhalten wurden. Als praktisches Ergebnis können Düsenabstände im Bereich von 0,3 mm genannt werden. Für den Durchmesser des Düsenmundstückes erwiesen sich Abmessungen im Bereich von 0,8 mm als praktikabel. Bei den Experimenten wurden die Schneidgeschwindigkeit, der Gasdruck und die Linsenlage für jede Blechdicke und Schneidgasmischung verändert, um die bestmöglichen Schneidbedingungen zu bestimmen.

Die Experimente zeigten im allgemeinen, daß die mögliche Schneidgeschwindigkeit fällt, wenn der Sauerstoffgehalt in dem Schneidgas reduziert wird. Bei dem jeweiligen Experiment wurde die höchste Schneidgeschwindigkeit bei der bestmöglichen Brennschnittspaltqualität für Schneidgasmischungen bestimmt, welche aus Sauerstoff, gemischt mit He, N₂, Ar und CO₂ bestanden. Hauptsächlich war es die Größe der Grate an dem Brennschnittspalt, welche bei einer Anordnung für die Brennschnittspaltqualität entscheidend war. Die Fig. 2 und 3 veranschaulichen die Schneidgeschwindigkeit als Funktion der Sauerstoffkonzentration in dem Schneidgas, wobei das Schneidgas mit He gemischt wurde. Fig. 2 zeigt diese Beziehung beim Schneiden von rostfreiem Stahlblech mit einer Dicke von 0,5 mm und Fig. 3 beim Schneiden von rostfreiem Stahlblech mit einer Dicke von 1,0 mm. Diese Kurven zeigen typische Beispiele der Beziehung zwischen Schneidgeschwindigkeit, Sauerstoffkonzentration und Brennschnittspaltqualität. Kurven ähnlicher Form werden für die anderen oben erwähnten Gase und Gasmischungen erhalten.

Man erkennt aus den Fig. 2 und 3, daß die Schneidgeschwindigkeitskurve einen Tiefpunkt bei einem Sauerstoffgehalt von 90% hat, und daß die Kurve danach mit abnehmender Sauerstoffkonzentration wieder ansteigt. Bei einer He-Mischung in dem Schneidgas wird eine maximale Schneidgeschwindigkeit bei einer Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 45 und 75% erreicht. In den Fig. 2 und 3 ist auch die Schneidgeschwindigkeit bei 100% He-Schneidgasmischung eingetragen. Hier liegt die Schneidgeschwindigkeit nur bei etwa 0,5 m/min, also einem völlig unbefriedigenden

Wert. Dies betont die Wichtigkeit der Anwesenheit von Sauerstoff in dem Schneidgas beim Laserschneidprozeß. Was die Qualität des Brennschnittspaltes anbetrifft, wird eine erhebliche Verbesserung insbesondere bei rostfreiem Stahlmaterial durch die Verwendung einer erfindungsgemäßen Gasmischung als Schneidgas erreicht. Der Grund hierfür ist, weil ein Grat an der unteren Kante des Brennschnittspaltes bei Verwendung von reinem Sauerstoff im Schneidprozeß entsteht. Dieser Grat kann nur schwer entfernt werden. Das gleiche trifft für Gasmischungen zu, welche einen Sauerstoffgehalt in der Größenordnung zwischen 90 und 100% aufweisen. Der Bereich von 80 bis 90% ist ein Übergangsbereich, in welchem der Grat die Form von Graupeln anzunehmen beginnt. Dies wird deutlicher bei Sauerstoffgehalten niedriger als 70%. Hier haben die Grate die Form von Graupeln entlang des Brennschnittspaltes, die leicht, bspw. mit einer Bürste, beseitigt werden können. Demzufolge ist diese Verbesserung der Brennschnittspaltqualität eine Auswirkung der zuvor erwähnten Zunahme der Schneidgeschwindigkeit.

Es wurde ferner möglich, eine weitere Verbesserung der Brennschnittspaltqualität unter Verwendung von erfindungsgemäßem Gasgemisch als Schneidgas festzustellen und zwar mit Hilfe metallurgischer Überprüfungen unter Verwendung der Elektronenmikroskopie. Bei der Verwendung eines erfindungsgemäßen Gasgemisches wurde gefunden, daß die Schmelzzone im Bereich des Brennschnittspaltes kleiner ist als bei herkömmlichen Schneidverfahren, und daß diese Zone keine Schlackeplättchen eingelagert enthält. Infolgedessen wird beim Schweißen bspw. eines Bleches aus rostfreiem Stahl der Schweißnaht eine saubere, glatte Oberfläche erteilt, wenn erfindungsgemäß Mischgas als Schneidgas beim Laserschneiden eingesetzt worden ist.

Unter Verwendung eines Schneidgases beim Laserschneiden, welches aus einem Gasgemisch, bestehend aus einem aktiven Gas, wie Sauerstoff, und einem Inertgas, wie He, N₂, Ar und/oder CO₂, bei welchem die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 30 und 90% des gesamten Schneidgasgehaltes liegt, besteht, kann das Schneiden sowohl bei nichtlegierten als auch bei hochlegierten Werkstücken unter angemessenen Bedingungen ausgeführt werden. Während eine etwas geringere Schneidgeschwindigkeit erhalten wird, erreicht man eine wesentlich bessere Brennschnittspaltqualität. Bei einem Brennschnittspalt, welcher sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ergibt, fehlen entweder die störenden Grate vollständig oder sie können einfach entfernt werden. Es treten keine Schlacketaschen an der Brennschnittspaltoberfläche auf, was für das nachfolgende Schweißen von erheblichem Vorteil ist.

Die in den Ansprüchen und in der Beschreibung gemachten Prozentangaben beziehen sich sämtlich auf Volumen-Prozent.

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

36 19 513
B 23 K 26/12
10. Juni 1986
17. Dezember 19 87

3619513

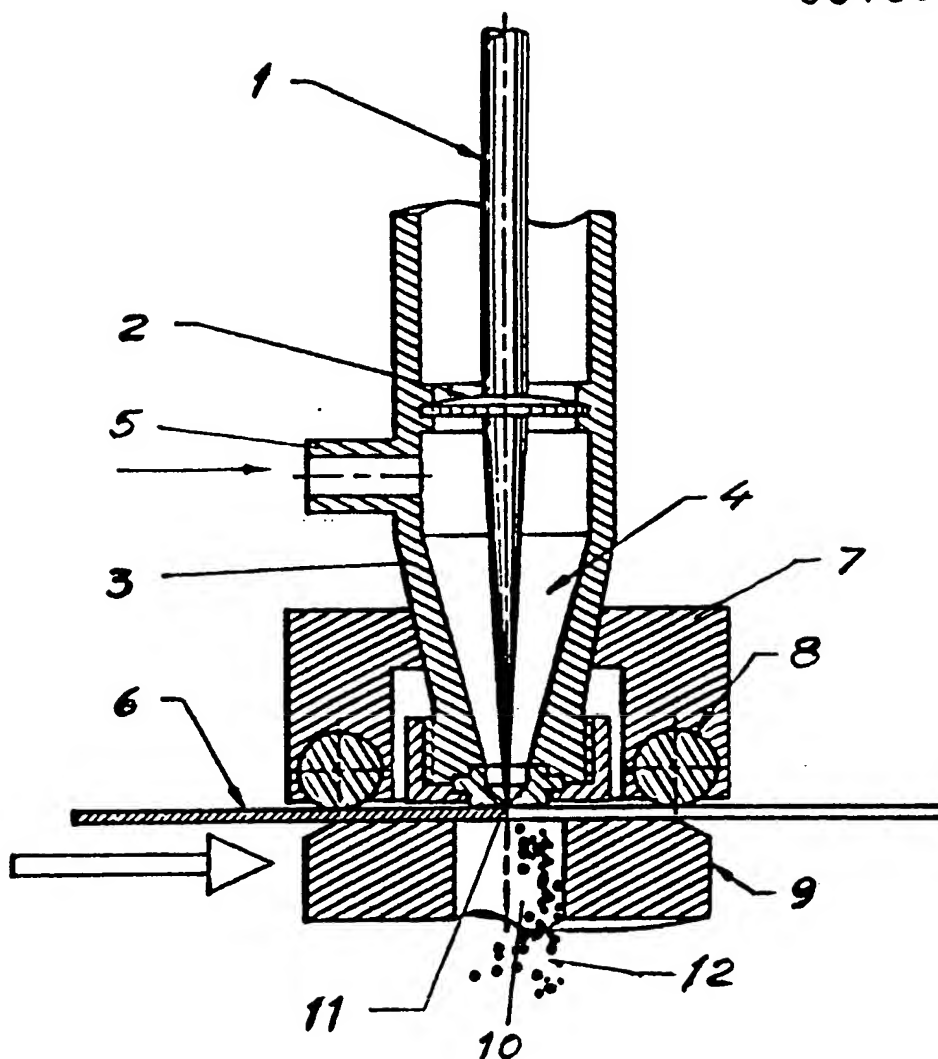


Fig 1

